This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

XXXIVe CONGRÈS DES ARCHITECTES FRANÇAIS

L'ART DE BATIR

DANS LES PAYS

À

TREMBLEMENTS DE TERRE

CAUSERIE

PAR

M. le Commandant de MONTESSUS de BALLORE

EXTRAIT DE L'ARCHITECTURE

Journal de la Société Centrale des Architectes français

(XIXe ANNÉE)

PARIS

CH. SCHMID, Éditeur

51, RUE DES ÉCOLES, 51.

1906

524.91
M78ab

BRANNER GEOLOGICAL LIBRARY

LELAND STANFORD JR.
UNIVERSITY
LIBRARY

624.91
M18a

THE GIFT OF
JOHN CASPER BRANNER

L'ART DE BATIR

DANS LES PAYS

A

TREMBLEMENTS DE TERRE

PARIS

IMPRIMERIE DE J. DUMOULIN

5, rue des Grands-Augustins, 5

XXXIVe CONGRÈS DES ARCHITECTES FRANÇAIS

L'ART DE BATIR

DANS LES PAYS

A

TREMBLEMENTS DE TERRE

CAUSERIE

PAR

M. le Commandant de MONTESSUS de BALLORE

EXTRAIT DE L'ARCHITECTURE

Journal de la Société Centrale des Architectes français

(XIXe ANNÉE)

STANFORD LIBRARY

PARIS

CH. SCHMID, Éditeur

51, RUE DES ÉCOLES, 51.

1906

335882

STANFORD LIBRARY

CONGRÈS DES ARCHITECTES FRANÇAIS

XXXIVe SESSION

PARIS, 18-23 JUIN 1906

COMPTE RENDU DES SÉANCES ET VISITES

Séance du Vendredi 22 juin

tenue au siège de la Société centrale

Présidence de M. Bartaumieux.

M. le Président. — La parole est à M. G. Olive.

M. Gustave Olive. — Messieurs,

M. le commandant de Montessus de Ballore est un de mes grands anciens à Polytechnique, et quand j'ai fait mon premier stage, à Clermont-Ferrand, c'est lui qui a été chargé de me débrouiller, car, comme lieutenant de réserve, je me trouvais, je l'avoue, quelque peu embarrassé. (*Rires.*)

J'avais conservé de lui le meilleur souvenir, et c'est à ce titre que je me suis adressé à lui et qu'il a bien voulu parler aujourd'hui devant vous. Il est plus qualifié que qui que ce soit pour vous entretenir d'un sujet sur lequel vous désiriez avoir, non pas une conférence, mais quelques détails. M. de Montessus de Ballore a habité, en effet, pendant de longues années, l'Amérique, et il a vu lui-même ces phénomènes de tremblements de terre sur lesquels, pendant vingt ans au moins, il a recueilli des documents et des renseignements. Il est donc on ne peut plus au courant du sujet dont il va vous entretenir. Ce qu'il va vous dire, c'est ce qu'il a vu et non ce qu'il a appris d'autres personnes. (*Très bien!*)

M. le Président. — Je prie M. de Montessus de Ballore de bien vouloir prendre la parole pour sa causerie sur :

L'ART DE BATIR DANS LES PAYS A TREMBLEMENTS DE TERRE.

M. de Montessus de Ballore. — Messieurs, mon distingué camarade Olive a bien voulu me présenter à vous. Je vais vous entretenir des principes de l'art de construire dans un pays a tremblements de terre, et ceci dans le but humanitaire, au premier chef, de montrer que l'on peut et, par conséquent, que l'on doit, au moyen d'une judicieuse adaptation des règles ordinaires de l'art de batir à ces circonstances particulières, diminuer dans une très notable proportion, les deux tiers au moins, — d'aucuns, imprudemment peut-être, vont plus loin encore, — diminuer, dis-je, les dommages occasionnés par les secousses séismiques. Un douloureux et récent événement, le désastre de San-Francisco, a fait, du résumé sommaire que je vais avoir l'honneur de développer devant vous, une véritable actualité, je dirai plus, il m'impose presque le devoir d'attirer l'attention sur ce très intéressant problème parce que, tenté depuis vingt ans par sa solution, à la suite d'un séjour prolongé dans une des régions les plus instables du globe, le Centre-Amérique, je me suis attaché, sans doute plus que personne, à la comparaison minutieuse des différences d'assiette et de construction qui ont fait, lors de très nombreux tremblements de terre, que tel édifice restait indemne tout à côté d'un autre effondré sur ses habitants, ou que, dans une ville bouleversée, certains quartiers seuls se dressaient debout au milieu d'autres ravagés. C'est vous dire qu'en dehors de tout spéculation théorique, je ne vous donnerai que les résultats de l'expérience du passé, acquise par l'examen consciencieux des relations des grandes catastrophes séismiques, toujours guidé par ce principe tutélaire que si les théories volent, les observations restent. (*Applaudissements.*)

Il est d'autant plus nécessaire de signaler aux populations intéressées la possibilité d'échapper dans l'avenir au danger qui les menace à coup sûr, que l'on voit les entrepreneurs américains, avec un imperturbable sang-froid et un courage admirable autant qu'inconsidéré, se lancer à la reconstruction de la Reine du Pacifique sans trop se soucier de s'assurer une sécurité relativement facile à obtenir, du moins si l'on en croit les nouvelles

qui nous parviennent de l'autre côté de l'Atlantique. En France même, les désastres séismiques ne sont pas à dédaigner. Que l'on se rappelle combien la Côte d'Azur a souffert le 23 février 1887, ainsi que la ruine de Gouraya, en Algérie, le 15 janvier 1891! Malheureusement, de ces deux côtés de la Méditerranée, on a reconstruit aussi mal qu'auparavant, et un châtiment futur de cette coupable incurie ne manquera pas: le tremblement de terre aura son heure. Nous avons donc, nous, aussi, en France, à nous préoccuper sérieusement de la question. (*Très bien!*)

Les architectes et les entrepreneurs n'ont plus seulement, dans les pays à tremblements de terre, à tout ménager et édifier en vue de résister à une force constante, dirigée de haut en bas, la pesanteur, ils doivent aussi, par surcroît, s'opposer à de nombreuses et rapides ondulations horizontales et vibrations verticales; la propagation de ces mouvements à la surface du sol se mesure par des kilomètres à la seconde, leurs périodes ne dépassent pas quelques secondes, leurs amplitudes montent à plusieurs décimètres et ils impriment aux particules terrestres des accélérations de plusieurs mètres par seconde. Ces chiffres justifient la grandeur des désordres infligés aux constructions par les grands tremblements de terre. Ce n'est pas tout, il faut aussi compter, dans les terrains peu cohérents, avec de véritables ondes de plusieurs pieds de hauteur et pendant le rapide passage desquelles le sol prend momentanément toutes les propriétés d'un liquide, comme la mer soulevée par le vent. Ces circonstances sont tellement complexes que toute théorie serait illusoire. Mais l'observation est là, heureusement, pour permettre de définir les modes de construction les meilleurs et qui peuvent dans une grande mesure, résister à de tels efforts brusquement appliqués, et il en existe, puisqu'il n'y a, pour ainsi dire, pas d'exemple d'une ville complètement renversée.

Il va sans dire que si l'on est certain de pouvoir assurer aux édifices une large sécurité, il est cependant des limites que l'on ne saurait avoir la prétention de dépasser. On voit, en effet, dans les grands tremblements de terre, le sol, non seulement se crevasser, se fissurer et glisser, mais aussi se failler dans des proportions défiant toutes les prévisions humaines. Ainsi, le 28 octobre 1891, dans le Japon central, s'est ouverte sur 160 kilomètres de long, une faille dont les lèvres présentaient par endroits une dénivellation de 20 à 25 mètres. L'homme sera toujours

impuissant à pallier de tels bouleversements ; il serait fou d'y songer. Ce ne le serait pas moins que de vouloir lutter contre les grands raz de marée, d'origine séismique ou volcanique, capables de transporter les navires à plusieurs lieues dans l'intérieur des terres, comme au détroit de la Sonde, le 26 août 1883. Mais, au-dessous de ces limites, la tâche de la séismologie appliquée reste assez grande, puisque, bon an mal an, et par catastrophes modestes que l'on peut parer, on ne saurait estimer à moins de plusieurs milliers le nombre moyen des victimes de ces tremblements de terre. C'est seulement contre ces ruines restreintes qu'il y a certitude absolue d'apporter un remède sûr aux populations périodiquement éprouvées et toujours les mêmes, à des intervalles irréguliers, dont la science ne peut à l'avance supputer la durée.

Il serait donc logique de commencer par l'étude des effets des tremblements de terre sur le sol, mais cette recherche nous entraînerait trop loin : il faut la réserver aux traités de séismologie.

Nous nous contenterons d'esquisser les questions suivantes, sans entrer dans le détail :

1. Choix du site d'une construction ;
2. Matériaux et systèmes à condamner ;
3. Effets des tremblements de terre sur les éléments des constructions ;
4. Effets des tremblements de terre sur les habitations ;
5. Moyens généraux préventifs et règles d'édilité.

1. Choix du site d'une construction.

Le premier problème qui se pose à un constructeur est le choix du site ; il est ici d'une importance capitale. Les règles à suivre ne sont pas très précises dans tous les cas ; elles exigent un examen approfondi, mais comme ce sont toujours les mêmes quartiers qui souffrent dans une même ville, l'expérience sera un guide souvent suffisant.

D'une façon générale, les sols mous sont les plus dangereux, car, seuls, ils laissent se produire les vagues séismiques visibles dont il a été question tout à l'heure, et dire qu'il faut éviter les fonds de vallées, les plaines alluviales, les déjections volcaniques, etc., n'est pas une naïveté, puisque au nom de la sainte théorie ce principe a été parfois contesté ; l'incohérence du sol devant,

croyait-on, permettre à l'édifice de suivre *mollement* ses mouvements, opinion que l'expérience suffit à démentir.

Les jonctions de terrains différents sont à proscrire. Les couches y vibrant inégalement, la construction tiraillée se disloquera.

Les bords des rivières, des escarpements de tout genre, des grandes pentes, etc., sont très dangereux aussi, parce que les particules terrestres y oscillent librement comme le dernier d'une file de collégiens dont on pousse brusquement le premier; celui-là est seul renversé. Cela explique, en passant, pourquoi les

Effet des vagues séismiques visibles sur un pont de bambou, près de Rangpur, au tremblement de terre de l'Assam, du 12 juin 1897. — D'après R. D. Oldham.

maisons extrêmes d'une rangée sont le plus maltraitées, les autres s'étayant mutuellement.

En général, les pentes sont peu à recommander. C'est qu'en effet, le sol y est plus qu'ailleurs soumis aux actions désagrégeantes de l'érosion et de la dénudation. Souvent aussi elles sont recouvertes de matériaux détritiques incohérents.

Resteraient donc les hauteurs au sol compact. C'est bien ce que l'expérience conduit à conseiller, mais avec cette restriction qu'elles ne soient pas trop élevées, sinon elles oscillent comme

une sorte de pendule renversé, et l'amplitude y atteint, au sommet, une grandeur désastreuse.

Les discordances de couches entre elles et, en général, tous les accidents géologiques, sont à condamner formellement.

La discussion des cas particuliers, pour instructive qu'elle serait, ne peut se faire ici. Mais il est toujours posssible par l'étude des désastres antérieurs dans les villes anciennes, de décider des quartiers qui doivent être abandonnés, car, il en est qui, à l'exclusion de tous les autres, sont dévastés à chaque tremblement de terre successif; c'est, par exemple, ce qui eut lieu à Norcia, à la suite de celui du 22 décembre 1859. Il est aussi des villes dont le transfert s'impose irrémédiablement et l'histoire des déplacements de certaines cités de l'Amérique espagnole en vue de la recherche d'une position stable est très curieuse; leurs habitants ont fini par résoudre empiriquement le problème, lorsqu'un tremblement de terre violent les avait enfin épargnés. Tel n'est d'ailleurs pas le cas de San-Francisco dont le désastre est surtout dû à une cause non séismique, l'incendie.

2. Matériaux et système à condamner.

Il est élémentaire de n'employer que des matériaux de première qualité et de surveiller strictement leur emploi. Les pays du pourtour de la Méditerranée, de l'Espagne à l'Italie et à la Grèce, de l'Asie Mineure à la Syrie et à l'Algérie, font constamment l'expérience fâcheuse de l'incurie de leurs habitants à ce double point de vue, si bien qu'on peut souvent, là où des populations mixtes se composent d'éléments inégalement prévoyants, pronostiquer à l'avance les constructions qui souffriront le plus d'après la race de leurs habitants. Ainsi, le 6 mars 1867, à Mételin, les habitations turques ont été bien plus généralement renversées que celles des Grecs, plus soigneux.

Un immense incendie a ravagé Charleston en 1838, et, dans la hâte de la reconstruire, on a cessé d'employer une excellente chaux, produite au moyen de coquilles accumulées le long de la côte voisine par le ressac de la mer, pour faire venir de grandes quantités de chaux maigre produite dans les États du Nord. En même temps se perdait l'usage d'assembler les briques par boutisses et parpaings et on se contenta de les empiler indéfiniment les unes sur les autres : la double et lourde faute a été chèrement payée le 31 août 1886.

C'est là un sujet inutile à développer davantage ici, et, du reste, les édifices de l'antiquité classique sont là, au milieu de pays éminemment instables, pour montrer qu'en s'astreignant aux strictes règles ordinaires de l'art de bâtir, on se met déjà dans d'excellentes conditions puisqu'ils ont pu supporter, sans faiblir, l'effort des nombreux tremblements de terre de vingt siècles et plus. C'est dire que la fièvre des constructions hâtives et toute de spéculation qui a sévi et sévit encore sur la Côte d'Azur

Hayne Street, à Charleston, après le tremblement de terre du 31 août 1886. Emprunté au rapport du capitaine C. E. Dutton.

par exemple, est des plus coupables, on l'a bien vu le 23 février 1887, alors que les villas modernes s'écroulaient au milieu de vieilles constructions séculaires restées indemnes.

3. Effets des tremblements de terre sur les éléments des constructions.

On se contentera de quelques indications sommaires sur les éléments les plus importants et surtout sur ceux dont la ruine entraîne plus ou moins fatalement celle des édifices, ou du moins les compromet gravement.

Fondations :

On a constaté au Japon, par des expériences séismométriques directes, que le mouvement est notablement diminué au fond d'un puits de 3 à 8 mètres de profondeur. Par conséquent, on se donnera d'autant plus de chances de résistance qu'on descendra davantage les fondations, qui devront être continues sous toutes les parties de l'édifice. En sol mou, il y a grand avantage à les constituer par un radier général en forme de voûte renversée très surbaissée.

Une solution radicale consiste à supprimer les fondations. C'est ce que, de temps immémorial, ont fait les Japonais, dont la légère habitation est, au fond, une sorte de boîte en charpente, reposant par ses angles, sur de grosses pierres. Vienne un tremblement de terre, elles quittent leurs appuis, mais ne font que se gauchir par suite de la faible chute qu'elles subissent de la petite hauteur de leurs supports. Les dommages, souvent minimes, sont bien faciles à réparer. Aussi a-t-on préconisé d'installer les habitations sur des rouleaux ou des boules de fonte pouvant se mouvoir sur une plate-forme de béton. Malheureusement, cette solution élégante, qui a d'ailleurs été quelquefois utilisée, n'est guère applicable que pour de simples cottages.

Murs :

Les murs doivent être parfaitement homogènes et constitués par des matériaux de même densité. On a vu, par exemple, à Mételin où l'on employait deux sortes de laves, les moellons les plus lourds ressortir en relief après le tremblement de terre, et les murailles étaient désagrégées. Il n'y faut employer que des pierres à surfaces rugueuses et proscrire les lisses cailloux roulés. Les roches éruptives sont généralement préférables aux sédimentaires.

Les maçonneries à mortier perdu sont à condamner; celles à moellons sont préférables à celles en pierres de taille, qui se disloquent par glissement des assises, d'autant mieux qu'elles sont plus soignées.

Au sujet des murs d'un édifice, se pose une question de la plus haute importance. Si la secousse les aborde par leur tranche, ils travaillent à la compression et à l'extension; si c'est au contraire perpendiculairement à leur pied, ce sera au renversement, ce qui est beaucoup plus dangereux; mais comme les murs de refend sont soutenus par ceux de façade, c'est aux seconds qu'il faudra

faire supporter l'effort de renversement. On orientera donc les longs murs parallèlement à la direction d'où viennent les tremblements de terre désastreux pour une ville et qu'une expérience constante donne à connaître. Il est certain qu'à San-Francisco les grandes artères étaient justement dirigées de la façon la plus périlleuse. Dans les villes quadrillées de l'Amérique espagnole, les directions dangereuses sont bien connues, et, pour égaliser les chances de dommages des deux séries de rues, on a proposé parfois de les orienter suivant la diagonale, ce qui est peu sérieux.

Ouvertures. Portes et fenêtres :

Les ouvertures doivent être l'objet de la plus grande attention. C'est qu'elles forment dans une façade deux séries de lignes de moindre résistance, les unes verticales, les autres horizontales, et c'est par là que périt le mur. Et, en effet, les crevasses partent presque toutes des angles des portes ou des fenêtres. La forme de leurs parties supérieures a la plus grande influence sur leur destructibilité, et, dans l'ordre croissant de sécurité, elles se classent comme il suit : linteaux, anse de panier, plein cintre, ogive. Le simple linteau est à condamner formellement.

Planchers et plafonds :

Les planchers et les plafonds ne vibrent jamais synchroniquement avec les murailles, et c'est là une puissante cause de ruine. Pour y obvier, il faut réunir les uns et les autres par de parfaites liaisons, ce qui fait de chaque pièce de l'habitation un solide indéformable. On a proposé aussi la solution inverse de l'indépendance complète avec jeu dans l'encastrement. Alors chaque élément vibre pour son compte, sans gêner l'autre, mais l'agencement mutuel soulève beaucoup de difficultés techniques.

Cheminées :

La destruction des cheminées par tremblements de terre même modérés relativement, atteint d'énormes proportions. Par celui, violent, il est vrai, du 31 août 1886, Charleston en perdit 95 p. 100, sur 14 000 ! Non seulement leur chute cause de nombreuses victimes dans les rues, mais encore les toitures sont désorganisées à leur rencontre. Il faut, de toute nécessité, les rendre indépendantes de tout le reste de la construction, et alors elles oscillent librement et sans grand danger d'être coupées au ras du toit par suite du non-synchronisme des mouvements.

Balcons, corniches, portails et cariatides :

Tous les motifs architecturaux en relief et en porte-à-faux sont à condamner. C'est assurément regrettable pour l'esthétique, mais on n'y connaît aucun palliatif. La présence de ces ornements est le pire des dangers pour un édifice qui, sans eux, résisterait peut-être.

Voûtes :

Cet important membre architectonique est tout aussi irrémédiablement voué à la destruction, parce que, établi pour résister à un effort vertical, on lui en impose un horizontal; les piédroits s'écartent et la clef s'ouvre.

Toitures:

La toiture classique cause souvent, par sa présence même, la perte des habitations. Si elle est bien faite, elle forme un tout invariable qui, sursautant sous l'effet des vibrations verticales, retombe de tout son poids sur la partie supérieure du mur et en détermine l'écroulement, tandis qu'elle arrive au sol, assez souvent sans s'y abîmer. Il faut donc que tout entière elle fasse corps avec le reste de l'édifice.

Par secousses même modérées qui n'auraient pas autrement de conséquences bien graves, les tuiles descendent en avalanche, blessent ou tuent les personnes qui, juste à ce moment, se précipitent prudemment au dehors. On peut y remédier par bien des moyens et même la structure chinoise en bords relevés, qui arrêterait la chute des tuiles, est au fond assez artistique. Il suffirait de s'y habituer.

Étages :

L'amplitude du mouvement séismique est au moins le triple au premier étage qu'au rez-de-chaussée. Que l'on juge de ce qu'elle serait au quatrième ou au cinquième, et surtout au trente-quatrième des *gratte-ciel* (*Sky-scrapers*) des États-Unis. Aussi toutes les règles d'édilité qui ont été établies ne permettent-elles, au grand maximum, qu'un second, et c'est déjà un étage de trop.

Clochers :

L'assemblage d'un clocher et d'une nef d'église forme un ensemble éminemment instable, toujours par non-synchronisme des oscillations. On ne saurait guère proposer de les séparer, tant est peu esthétique cette solution fréquente dans l'Italie méridio-

nale. Il faut donc se résoudre à supprimer les liaisons, en en cachant l'absence par du trompe-l'œil. Quant à la hauteur d'un clocher, elle ne constitue pas par elle-même un danger si, par

Église Saint-Michel à Charleston (États-Unis), après le tremblement de terre de 1886. Emprunté au rapport du capitaine C. E. Dutton.

ailleurs, toutes les précautions sont prises. Il est intéressant de suggérer qu'en lui donnant intérieurement une forme circulaire, on se placera dans d'exellentes conditions, car cet élément déplorable qu'est la voûte, si l'axe en est horizontal, reprend toutes ses qualités contre les tremblements de terre si l'axe est vertical. Cette efficacité de la voûte ainsi placée mérite la plus grande attention et pourra rendre de signalés services pour les

fondations. Un exemple entre mille est à citer : au tremblement de terre de 1607 de la Antigua Guatimala, une grande voûte s'est pour ainsi dire rabattue sur le plan horizontal, sans se détériorer. Depuis, elle a subi intacte l'assaut de plusieurs désastres, entre autres celui si grave du 20 juillet 1773.

Ponts :

Les séismologues japonais ont très complètement étudié la question de la résistance des ponts des voies ferrées que le tremblement de terre du 28 octobre 1891 avait renversés en grand nombre dans leur réseau alors naissant. Ceux de l'Inde orientale n'ont pas moins souffert, le 12 juin 1897. C'est que leur superstructure agit sur les piles comme les toitures sur les murs des édifices. En outre, le plus souvent établis en terrains alluvionnaires peu cohérents, ils sont tout particulièrement exposés à l'effet des vagues séismiques visibles dont il a été déjà parlé et dont la réalité, si paradoxale en apparence, a été pour ainsi dire matérialisée, le 18 avril 1902, à Ocos sur la côte pacifique du Guatémala. Après l'événement, le wharf de ce port présentait de longues et hautes ondulations bien marquées et d'égales dimensions ; parmi les piliers, les uns étaient abaissés, les autres relevés, alternativement. Bref, l'élasticité de la construction avait été insuffisante pour qu'elle pût reprendre sa forme primitive, et elle s'était comme figée après sa déformation. Il en était de même pour un pont de la rivière voisine.

Dans ces conditions, il a fallu se préoccuper du parfait entretoisement de toutes les parties du tablier et de sa complète liaison avec les piles, auxquelles on donne le profil parabolique reconnu comme le plus résistant à l'effort de renversement et de rupture simultanés, et qui, soit dit en passant, assure la stabilité de la tour Eiffel. Depuis l'usage de ces dispositions efficaces, les ponts japonais ont résisté à plusieurs violents tremblements de terre.

Voies ferrées :

Les chemins de fer constituent pour les nations modernes une trop grande source de richesses, pour qu'on les passe sous silence. Sous l'action des ébranlements séismiques, les voies se gondolent horizontalement de la plus capricieuse façon, cela sur de très grandes longueurs. Au point de vue de la séismologie pure, il y a aussi de précieux enseignements à tirer de leur mode de destruction. Ainsi, après le 20 décembre 1892, à Old Chaman,

dans le Béloutchistan, quand on a voulu réfectionner la voie, on s'est aperçu qu'une longueur de 50 mètres de rails s'était raccourcie d'environ 80 centimètres, ce qui jette une lumière toute nouvelle sur la genèse géologique du tremblement de terre, puisque le terrain s'était comprimé de cette longueur. C'est là un fait, dont il y a évidemment à tenir compte pour l'établissement des fonda-

Désorganisation de la voie du tramway Rangapara-Tezpur-Balipara, au tremblement de terre de l'Assam, du 12 juin 1897. — D'après Oldham R. D. *Report on the great earthquake of 12th june* 1897. (*Mem. Geol. Survey of India.* XXIX. Calcutta. 1899.)

tions d'un édifice, et la solution des voûtes verticales, indiquées précédemment, est de nature à parer à ce danger.

Canalisations souterraines pour l'eau et le gaz:

Il s'agit là d'éléments très secondaires en construction, mais d'après ce que l'on sait de la catastrophe de San-Francisco, leur résistance acquiert une importance capitale dans les grandes cités modernes. Si on en croit, en effet, les informations de la presse, auxquelles on est exclusivement réduit jusqu'à présent, leur rupture a été le principal facteur de la grandeur d'un dé-

sastre que ne semble pas justifier celle du mouvement séismique. C'est l'incendie consécutif, qui a causé presque tout le mal. Or, il paraît avoir été, en plusieurs points, produit par des explosions du gaz mis en liberté à la rupture des conduites, puis amené au contact des foyers. En outre, les canalisations d'eau rompues n'ont pas permis la lutte contre le feu et, en laissant sourdre sous une pression considérable les masses d'eau dans les crevasses ouvertes, les fondations d'édifices peu endommagées ont été disloquées, ce qui a amené la chute de ceux-ci. Il faut attendre l'étude technique détaillée de la rupture de ces conduites, pour en déduire les moyens préventifs correspondants, et nul doute que l'industrie moderne ne les découvre.

S'il ne s'agit que de l'incendie, ce danger consécutif aux tremblements de terre, a souvent causé au Japon les pires désastres, auxquels celui de San-Francisco n'est pas à comparer, même de loin. Ainsi, le 28 octobre 1891, Kasamatsu a brûlé jusqu'à la dernière maison, et 2225 subirent le même sort, sur 5852 à Gifu, dont plus de 3000 habitants périrent dans l'immense brasier. C'est que la légère maison japonaise, avec ses cloisons de papier, présente un danger tout particulier d'inflammation de ses débris au contact du foyer domestique. Tout ce qu'on a fait pour y parer a été d'instituer un concours pour l'invention d'une lampe à pétrole s'éteignant en renversement, cette cause d'incendie ayant été plusieurs fois funeste par des secousses ordinaires. Nous en ignorons le résultat; il sera mince tant que la maison japonaise restera ce qu'elle est.

4. Effets des tremblements de terre sur les habitations.

Ainsi, chaque élément des constructions, est, suivant sa forme et sa position dans l'édifice, soumis à des modes particuliers de destruction, et le résultat final de ces dégâts partiels, est la ruine totale de l'ensemble. Or, il se trouve justement que, sans modifier essentiellement la forme habituelle de ces parties constitutives, ce qui serait tout à fait inadmissible, de leur agencement mutuel on peut tirer les meilleures dispositions, capables d'assurer une sécurité relative, en se conformant, bien entendu, aux règles obtenues pour chacun d'eux par l'expérience. Soit à cause de la nature des matériaux les plus communs dans un pays

as instinctives que raisonnées et chère-
dire que chaque pays à tremblements
s particuliers de construction des habi-
que le climat influe considérablement aussi.
oins efficaces contre les ébranlements du sol
de revue, l'on déduira facilement les principes
appliquer aux gigantesques édifices nécessités par
de la vie moderne qui, dans les grandes cités indus-

Village japonais. — Toits restés intacts après l'effondrement des maisons. (Journal du collège des sciences à l'Université impériale du Japon.)

trielles et commerçantes, ne laisse qu'un espace restreint à la disposition des architectes, dont les travaux se heurtent ainsi à des complications sans nombre, même quand ils n'ont pas à se préoccuper des tremblements de terre. Dans un exposé complet du sujet, on traiterait de toutes les habitations des régions séismiquement instables; ici, on n'étudiera, et succinctement encore, que les systèmes doués d'une certaine immunité, pour

arriver finalement à la conception des principes généraux qui doivent guider un constructeur dans une région dangereuse.

Constructions japonaises :

On peut dire que les temples japonais, sont à l'abri des tremblements de terre. En fait, la plupart d'entre eux ont, depuis des siècles, résisté aux plus violents. Ils se composent de charpentes, dans lesquelles la consommation des bois, atteint des proportions inimaginables. Mais toutes les parties en sont tellement liées ensemble, et si bien enchevêtrées, qu'en fin de compte elles constituent un tout indéformable. Il y a plus : les pagodes les plus élevées et les plus élancées restent debout, et on ne les voit se recourber quelque peu que si, par vétusté, un assemblage cède, comme cela s'est produit le 11 novembre 1855, pour celle d'Asakusa. L'origine de cette précieuse sécurité réside sans aucun doute dans ce parfait entretoisement et l'on peut être certain que la tour Eiffel résisterait victorieusementsi elle était située dans une région instable.

Gojûnotô d'Asakusa (Tokyo). — Pagode en charpente dont la pointe seule a été faussée au tremblement de terre dit d'Ansei, 11 novembre 1855. — D'après Omori. *On the averturning and sliding of columns* (*Publ. of the earthquake invest. Comm. in for. long.*, n° 12. Tokyo 1903.)

On a souvent écrit que l'habitation populaire japonaise jouit de la même immunité, et même que sa structure a été conçue tout exprès. Il n'en est rien de cette dernière assertion, et l'absence de bêtes de somme, ici remplacées par l'homme, a seule fait rejeter l'emploi de la pierre. La maison ordinaire se compose essentiellement de légères charpentes, d'ailleurs mal assemblées et nullement entretoisées. A la vérité, quand la couverture n'en

est pas trop lourde, les poteaux d'angle de ces *cases* se contentent de quitter leurs supports de pierre, et tout le dommage se réduit à un gauchissement facilement réparable, cela grâce seulement à une élasticité que l'on a comparée à celle d'un panier. Du reste, lors des grands tremblements de terre, cette immunité très légendaire, fait place à d'immenses désastres dont la relation remplit, depuis vingt siècles, les annales de l'empire du Soleil Levant.

Maisons monolithiques de Santorin :

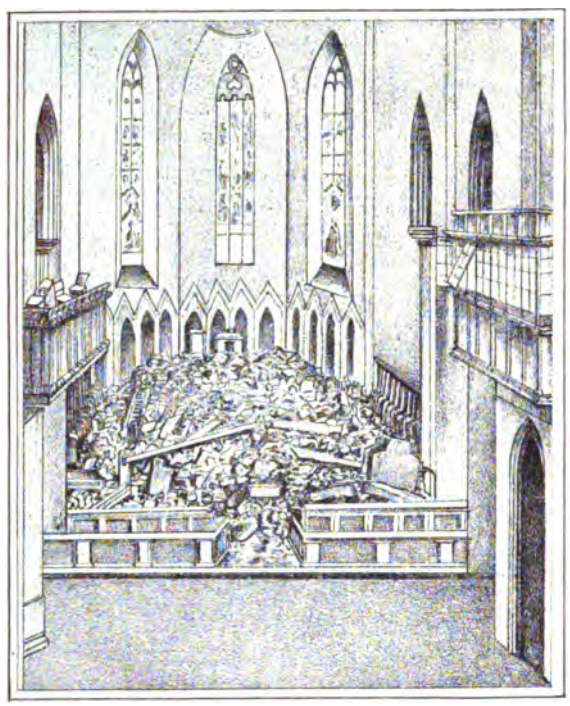
Presque à l'autre extrémité du vieux monde, dans la célèbre île volcanique de Santorin, se rencontrent des habitations monolithiques, formées d'un seul bloc voûté, d'une sorte de béton appelé *aspe*. Peu d'ouvertures percent cette boîte renversée, fraîche l'été, chaude l'hiver, et indestructible par les tremblements de terre, comme l'a bien montré leur résistance à celui du 12 octobre 1856; à peine s'y est-il produit quelques crevasses, si vite refermées sous l'action du poids considérable de l'ensemble, que, dès le lendemain, on ne pouvait plus les discerner.

Ce n'est pas que l'on puisse conseiller une habitation aussi peu confortable, mais cet exemple est hautement instructif, parce qu'il montre la sécurité d'une boîte indéformable renversée.

Maisons créoles de l'Amérique espagnole :

Les catastrophes séismiques de l'Amérique espagnole sont tellement connues de tous que, sans doute, il paraîtra tout d'abord étrange d'aller y chercher un type d'habitation à l'abri des tremblements de terre. Cela est cependant; mais malheureusement, ce type est, la plupart du temps, si mal exécuté, que ses réelles qualités de résistance restent tout à fait illusoires. La maison créole est, en somme, une dérivation de l'habitation romaine classique, où l'on a substitué le bois à la pierre. Elle se compose d'une charpente horizontale et verticale, de pans de bois, si l'on veut. Les poutres de faîtage se prolongent loin, en avant de la sablière, et reposent à son niveau, sur l'extrémité de piliers montés sur des dés de pierre, ce qui forme véranda générale devant les pièces qui s'y ouvrent toutes indistinctement, sans communiquer entre elles. Les assemblages défectueux sont exécutés vaille que vaille, l'entretoisement des parois verticales manque fréquemment, la liaison formée par les plafonds souvent, celle des planchers presque toujours; les faîtages sont sans liaison avec les sablières, et les piliers de véranda ne sont assem-

blés en haut et en bas qu'à tenon et mortaise. Un tel ensemble est tout prêt à s'ouvrir par écartement lors d'ébranlements même peu sévères. Mais lorsque toutes ces défectuosités, généralement acceptées, sont soigneusement corrigées, la maison créole forme



Effondrement du maître-autel de la cathédrale d'Agram, au tremblement de terre du 9 novembre 1880, par la chute des voûtes du chœur. Les murs intacts. — D'après Hantken von Prudnik. *Das Erdbeben von Agram in Jabre* 1880. (*Mitth. Jahrb. d. K. ungar. geol. Aust.* Budapest. 1882).

un tout élastique et à peu près indéformable, d'autant plus que la toiture en fait indissolublement partie. En fait, elle doit alors être considérée comme excellente; l'expérience le prouve.

Une charpente ne constitue pas, à elle seule, une muraille; il y faut un remplissage, et c'est là que commence la difficulté. D'une façon générale, on y emploie les *adobes*, grandes briques crues, simplement séchées au soleil, et assez résistantes quand on gâche

l'argile avec de la paille hachée. Comme on se contente souvent de les empiler les unes sur les autres, que les joints montent du pied du mur au sommet, que souvent même la charpente supérieure, mal, ou même pas assemblée du tout, repose de tout son poids sur ces matériaux fragiles, on comprend pourquoi les cités hispano-américaines sont tristement renommées dans les annales séismiques. Mais les parois ne sont pas toujours aussi dangereusement constituées. On rencontre, en effet, des habitations dont la charpente verticale est double, composée de deux rangs de poteaux non jointifs. Sur chacune de leurs faces se cloue un réseau de cannes, ce qui forme trois intervalles clos, dont les deux extrêmes, l'un intérieur, l'autre extérieur, sont remplis au moyen d'argile gâchée, ou de boue. On obtient ainsi un double mur avec circulation interne d'air, dont l'agréable fraîcheur est compensée par l'asile ainsi offert à toute la vermine tropicale. L'ensemble est d'une élasticité parfaite qui lui permet de résister si bien aux plus violentes secousses que de très anciennes églises ont pu rester debout, malgré de nombreux et violents assauts séismiques.

Dans ces conditions, le type créole est à peu près à l'abri des tremblements de terre, s'il est soigneusement exécuté.

Le remplissage des parois par de la terre ou de l'argile est peu confortable et par les nombreuses secousses habituelles du versant de l'océan Pacifique, ces matériaux desséchés filtrent en fine poussière entre les cannes mal jointes, à chaque ébranlement du sol. Dans les habitations un peu luxueuses, on remplace les cannes par des planches, ce qui ajoute à la solidité de l'ensemble. On pourrait aussi, comme au Caucase, substituer aux matériaux habituels de remplissage, de petits fagots très serrés, tordus sur eux-mêmes, plusieurs fois trempés dans de la chaux vive, et entassés à refus entre les cours de planches. Ce matériel est, paraît-il, presque incombustible.

5. Systèmes préventifs généraux et règles d'édilité.

Ainsi l'expérience des siècles montre qu'une boîte renversée, ou mieux une boîte complète en charpente et percée des ouvertures nécessaires, présente, par son élasticité et le synchronisme des mouvements de toutes ses parties, une immunité parfaite contre les tremblements de terre, à condition qu'aucun élément

n'en soit d'éxécution négligée ou défectueuse. C est, en effet, dans cette voie qu'on a toujours cherché à se prémunir contre le péril

Pont métallique sur le Nagaragawa (Japon), détruit le 28 octobre 1891, par rupture de ses piles constituées chacune par cinq piliers de fonte. — D'après Dairoku Kikuchi. *Recent seismological investigation in Japon.* (*Publ. of the earthquake invest. Comm. in. for. long.* n° 19. Tokyo. 1904.)

séismique et qu'on a promulgué les règles d'édilité, d'ailleurs presque jamais obéies.

Ce système de la *maison-baraque*, la *casa baraccata* des Italiens, a été rendu obligatoire au Portugal, après le célèbre désastre de Lisbonne du 1er novembre 1755. Naturellement, son efficacité a suffi pour qu'on le laissât tomber en désuétude, et on l'a compliqué en recouvrant les façades de céramiques, très artistiques il est vrai, mais dont le poids et l'incomplète liaison avec les murailles constituent un danger nouveau.

Cette structure, très appropriée au but poursuivi, a été étudiée dans tous ses détails d'exécution par le corps espagnol du génie, après le tremblement de terre de Manille du 3 juin 1863, puis remis encore en vain en vigueur après celui du 17,20 juillet 1880.

Avec l'esprit pratique des nations de l'Extrême-Orient, le comité séismique de Tokyo a perfectionné dans toutes leurs parties les maisons-baraques, continuant en cela les admirables travaux qui ont mis les savants japonais à la tête de la séismologie moderne, où ils remportent là, et sans consteste une victoire, cette fois purement scientifique. Ils préconisent l'emploi de briques aux formes compliquées s'emboîtant les unes dans les autres, ce qui, tout en constituant une amélioration notable, ne résout pas pour les murailles le problème de l'emploi d'une matière dont les mouvements *s'accordent*, musicalement parlant, pour ainsi dire, avec ceux de la charpente.

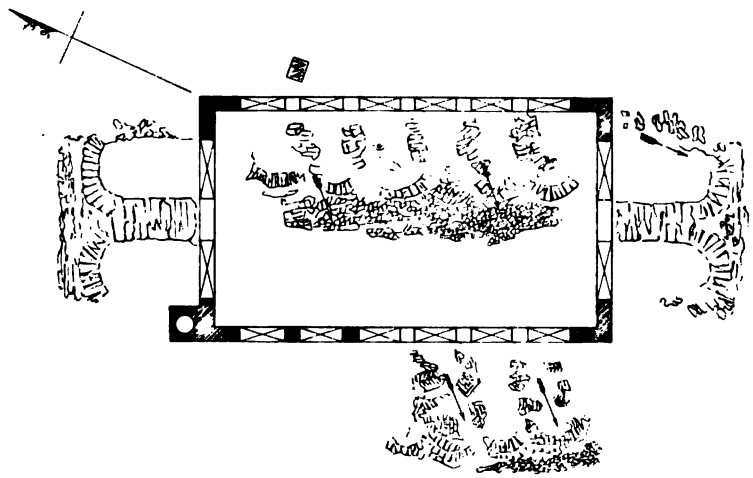
Partant de cette observation fréquente que les toitures bien assemblées tombent sans se déformer sur les décombres d'un édifice écroulé, un architecte japonais, Inouyé, a imaginé une sorte de cottage anglais à un étage dont une très intéressante particularité est à signaler. Les faîtages à forte pente se prolongent jusqu'au sol et pour masquer cette étrange structure, des pans verticaux de bois s'élèvent à l'intérieur et à l'extérieur, de sorte que les portes et les fenêtres s'ouvrent, comme au moyen âge, au travers d'un mur de grande épaisseur, mais qui n'est qu'une caisse vide traversée diagonalement par les poutres maîtresses.

Après le tremblement de terre si violent du 25 décembre 1885, en Andalousie, et à la suite de celui du 30 janvier 1902, à Chémakha (Caucase), on a aussi établi les types d'une habitation espagnole ordinaire, d'ailleurs assez critiquable, et d'une isba russe, beaucoup mieux conçue, et, dans les deux cas, sous cette condition imposée *a priori* de ne changer que le moins possible l'aspect de l'habitation villageoise nationale, sans gêner les habi-

tudes locales. On pourrait citer d'autres tentatives analogues, mais cela nous entraînerait trop loin sans le bénéfice d'un enseignement véritablement nouveau.

On ne saurait ici manquer de recommander la plupart des types des maisons démontables qui semblent bien satisfaire aux conditions du problème.

Il devenait ainsi tout à fait rationnel de songer à l'emploi des charpentes métalliques, et, de fait, c'est bien là qu'est la solu-



Renversement dans trois directions différentes des ouvertures voûtées d'un moulin, à Kochale (Cachar, Inde), au tremblement de terre du 10 janvier 1869. Il y a eu rabattement sur le plan horizontal avec désagrégation complète des maçonneries, mais la forme a été conservée. — D'après Th. Oldham. *The Cachar earthquake of 10th january* 1869. (*Mem. of the geol. survey of India.* XIX. Pl. I. Calcutta. 1882.)

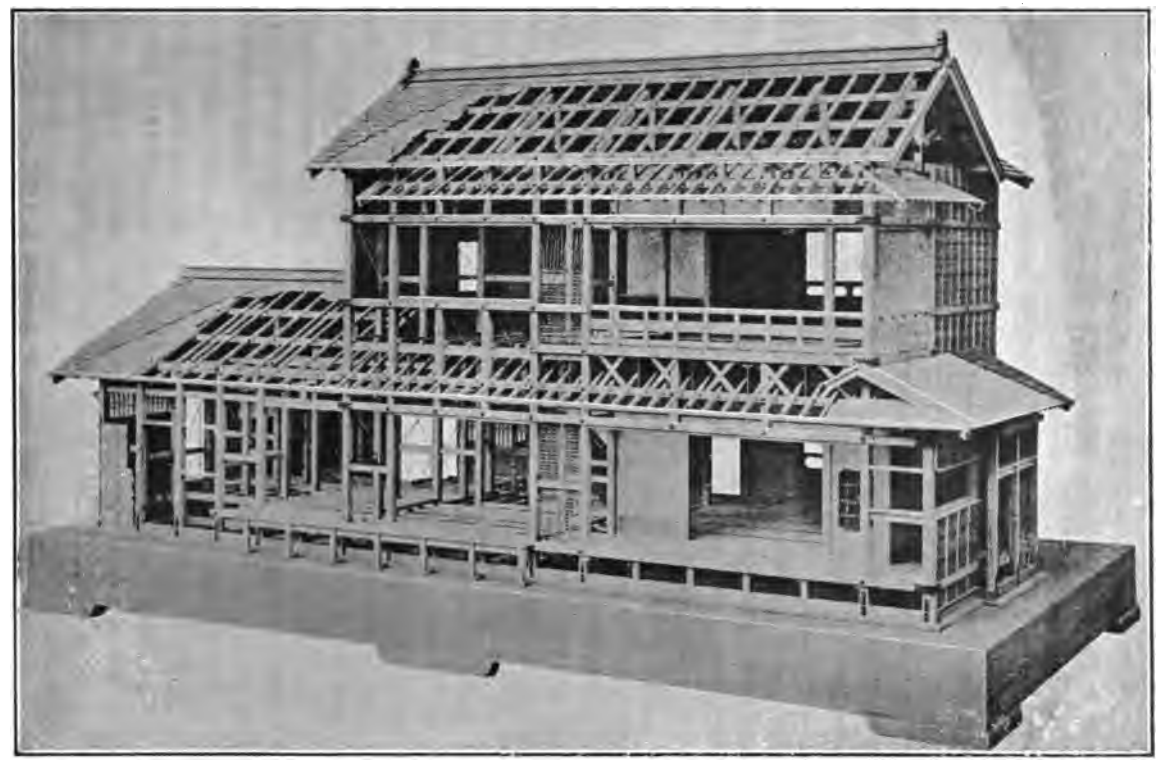
tion cherchée pour les grands édifices des cités industrielles modernes, où l'entassement de la population force à gagner en hauteur ce qui manque en surface, car les maisons décrites sommairement tout à l'heure ne conviennent qu'à l'habitation restreinte d'une famille. C'est ce qu'ont fait les Anglais, dans l'Inde, pour leurs casernes et leurs hôpitaux, mais sans que la question tremblements de terre semble les avoir, directement, beaucoup préoccupés. Au contraire, à Ischia, la municipalité de Casamicciola a fait tout exprès établir des types de constructions métal-

liques, après la catastrophe du 28 juillet 1883. Malheureusement, le problème du remplissage des parois n'a pas été résolu et l'on est cependant certain que la maçonnerie ordinaire ou la brique, si fréquemment employée pour les bâtiments des expositions ou des gares de chemins de fer, sont à proscrire, ainsi que les soubassements en pierres de taille. C'est encore le non-synchronisme des mouvements de la charpente et de la matière des parois qui fait toute la difficulté.

Il vient tout de suite à l'esprit que le béton armé remplit toutes les conditions désirables. Or, en allant au fond des choses, on reconnaîtra tout de suite que l'idée fondamentale remonte à une trentaine d'années, lorsque l'ingénieur français Lescasse s'exprimait comme il suit :

« L'idéal de la perfection, dans un pays à tremblements de terre, serait dans une construction en maçonnerie, que les matériaux et le ciment qui les relie devinssent assez adhérents pour qu'on pût considérer l'ensemble de l'immeuble comme étant un monolithe... Il faut enfin en faire un édifice rigide, plus lourd à la base qu'au sommet... En nous servant des mots monolithe et rigide, nous n'entendons cependant point renoncer à l'élasticité que toute maçonnerie conserve toujours plus ou moins, car cette élasticité est sûrement indispensable, surtout dans les cas de secousses subites et saccadées que, parfois, on ressent dans les tremblements de terre. »

Partant de là, Lescasse imagine que les murs d'une construction peuvent être idéalement divisés en tranches verticales, ou sortes de piliers, par exemple au moyen des lignes d'ouvertures, que chacun de ces piliers doit former pour son propre compte un corps solide, unique et indestructible et que, enfin, tous ces piliers doivent être liés ensemble d'une manière invariable. Il est ainsi conduit à un système de tirants verticaux et horizontaux, de fer ou d'acier, noyés dans la maçonnerie et parfaitement reliés entre eux, dans les trois directions orthogonales de l'édifice : hauteur, longueur et largeur. Les tirants verticaux servent à constituer les piliers partiels que les tirants horizontaux assemblent entre eux d'une manière indéformable. Lescasse prévient les effets destructeurs des différences de dilatation sous l'effet des variations de température au moyen d'un système de clavettes de bois insérées dans les assemblages. Il est douteux que ce palliatif soit suffisant, mais il est à peu près certain que le



Maison ordinaire en charpente, à un étage, proposée par le Comité séismologique impérial de Tokyo.
D'aprés Diaroku-Kikuchi (*l. c.*).

non-synchronisme des mouvements de la maçonnerie et des tirants encastrés dans son sein produira tout son effet de désagrégation.

Mais si l'on multiplie les tiges métalliques du système Lescasse jusqu'à le transformer en béton armé, il semble que tous ces inconvénients disparaîtront, car alors la réunion de deux matières forme bloc, grâce à l'élasticité du métal qui a pris dans l'ensemble une situation presque prépondérante. C'est là qu'est l'avenir des habitations en pays à tremblements de terre, et les architectes ne seront pas embarrassés pour trouver des formes véritablement artistiques, au moyen d'éléments accessoires, tellement bien combinés avec cette matière pour ainsi dire plastique, qu'est le béton armé, que la solidité de l'ensemble n'en sera pas compromise.

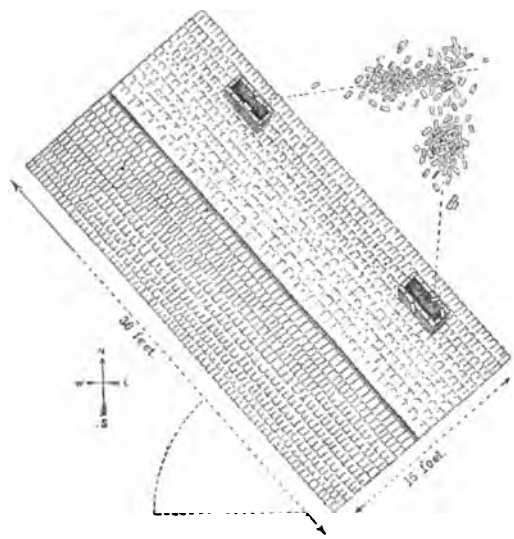
Il ne nous semble pas qu'on puisse rien objecter au béton armé pour l'édification des habitations, ainsi transformées en boîtes monolithiques et élastiques. Mais nous sommes moins fixés sur la facilité plus ou moins grande de son application aux immenses édifices auxquels se plaisent les Américains du Nord. Nous ne sommes guère renseignés, non plus, sur la manière dont leurs immenses hôtels et leurs maisons *gratte-ciel* se sont comportés à San-Francisco, le 18 avril dernier. Des informations d'origine privée nous ont appris qu'ils se préparent à reconstruire la ville au moyen de cages d'acier (*steel-cages*). Cette expression peut signifier bien des choses : ou bien l'armature métallique sera noyée dans les murailles, quelle qu'en soit, du reste, la matière, et alors le péril restera tout aussi grave que pour les types étudiés à Casamicciola, ou bien elle laisse supposer que les murailles sont tout entières enfermées dans l'enveloppe, ce qui serait le salut. Malheureusement, cette seconde interprétation ne semble pas exacte.

On ne paraît pas non plus se préoccuper de l'orientation des grandes artères et, précisément, la topographie de San-Francisco exige la plus grande attention de ce côté. Si on néglige ce point de vue, c'est une lourde et coupable faute, qui sera chèrement payée tôt ou tard, on peut en être certain. Le problème a deux faces, il ne suffira point de n'en traiter qu'une seule.

Les architectes et les entrepreneurs des pays à tremblements de terre n'ont pas seulement à bien connaître les règles strictes de l'art de bâtir dans ces conditions spéciales, un grave devoir

leur incombe aussi, celui de démontrer, à qui a recours à eux, la nécessité d'appliquer ces règles sévères.

Gouvernements et municipalités assument une grande responsabilité devant les générations futures, si ces règles ne sont pas édictées et leur application sévèrement surveillée. Le premier de ces deux devoirs des pouvoirs publics a été souvent accompli, le second, jamais; de sorte que le résultat final a toujours été nul.

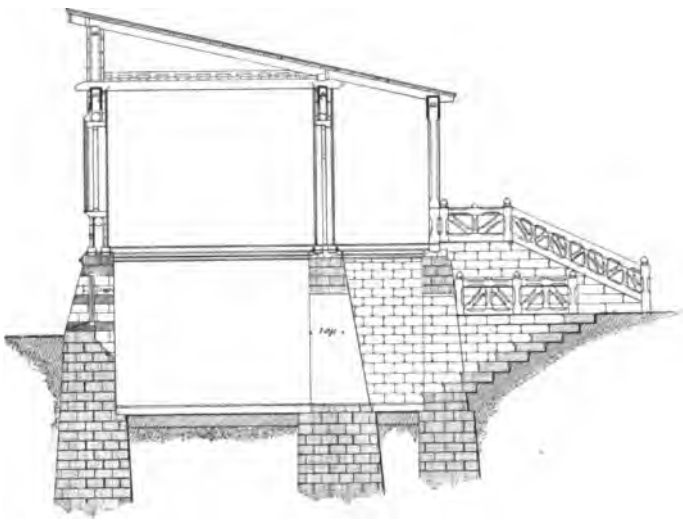


Cheminées rasées au bord du toit, à Gregg's, au tremblement de terre de Charleston du 31 août 1886. Vue d'en haut. La projection des débris dans des azimuths convergents montre le non-synchronisme des oscillations en ces deux points de l'édifice. — D'après Dutton (*l. c.*).

Il est instructif de dire quelques mots sur cet aspect de la question.

Passant sur la légende qui a cours au Centre-Amérique, et d'après laquelle les Espagnols avaient menacé de la peine de mort quiconque aurait commis l'imprudence d'élever un étage sur le rez-de-chaussée habituel, il est piquant de voir le plus ancien règlement connu d'édilité avoir été promulgué en terre actuellement française, en Algérie, par le dey Ali, après le tremblement de terre de Blidah du 16 février 1716. On se doute bien qu'il était de la plus grande sévérité, ce qui ne l'a pas empêché de

tomber en désuétude, comme celui du marquis de Pombal, à Lisbonne, après la catastrophe de 1755. En Italie, le même sort a atteint le règlement pontifical, édicté à Norcia, après le séisme du 22 décembre 1859, et celui d'Ischia de 1884 n'a même pas été l'objet d'une tentative d'application. Ne serait-ce pas à cause de cette irrémédiable routine, prévue à l'avance, qu'on ne s'est pas donné la peine de publier celui qui avait été préparé pour la Ligu-



Coupe verticale de l'habitation ordinaire russe proposée à la suite du tremblement de terre de Chemakha (Caucase), du 31 janvier 1902. Les fondations descendant très profondément, de manière à profiter de la moindre amplitude du mouvement séismique à la surface. Les charpentes du rez-de-chaussée sont fortement assemblées au moyen d'étriers de fer. — D'après Ter-Mikelow. *Principes fondamentaux de la construction d'édifices antiséismiques élaborés par la section Bakou de la Société impériale russe technique.* (Bakou. Mars 1902 En russe.)

rie, à la suite du tremblement de terre du 23 février 1887? Ou bien a-t-on reculé devant les gros spéculateurs, auxquels il en aurait coûté cher d'améliorer, en vue de désastres futurs, la construction des riches villas destinées aux *globe-trotters* cosmopolites? Personne ne s'étonnera non plus du peu de succès réservé aux règles de Manille de 1863, remises soi-disant en vigueur en 1880; il y avait, cependant, là une belle occasion

d'installer de nouveaux fonctionnaires : les inspecteurs des bâtiments que prévoyait ce règlement; mais, si le gouvernement général des Philippines a résisté à cette tentative, ce ne fut certainement pas dans l'intérêt de son budget, la routine a été la seule coupable.

Ainsi, jusqu'ici, aucun gouvernement, aucune administration locale n'a eu la force ou la volonté d'imposer des règles tutélaires aux populations des pays voués aux ruines séismiques. Vienne un nouveau désastre, ce qui ne saurait manquer, les choses suivront vraisemblablement le même cours, une fois de plus, à moins que, quelque jour, l'opinion publique ne se décide enfin contre le fléau à un énergique *Aide-toi, le ciel t'aidera.* Notre plus vif désir serait d'avoir contribué, si peu que soit, à la réalisation d'une nécessité de premier ordre, celle de faire intervenir, de toute leur autorité, les pouvoirs publics des pays intéressés, en faveur de leurs populations si exposées, pour les empêcher de courir d'elles-mêmes à un danger que, seule, conserve une incurie séculaire. (*Applaudissements répétés.*)

M. le Président. — Messieurs, les applaudissements dont vous saluez la conférence de M. de Montessus de Ballore, expriment assez les sentiments de reconnaissance que vous éprouvez à son égard, pour la communication si remarquable qu'il vient de nous faire. Les voyages qu'il a accomplis et les observations qu'il en a rapportées, sont indispensables pour traiter, avec une semblable compétence, la question si intéressante de l'art de construire dans les pays à tremblements de terre.

De cet enseignement résulteront des règles pratiques pour ceux de nos confrères et pour les constructeurs qui auront à exécuter des travaux d'une nature aussi particulière.

Je vous remercie chaleureusement, Monsieur, d'avoir pris la peine de venir parmi nous, pour nous faire bénéficier de la science que vous avez acquise. (*Très bien! Très bien! et applaudissements.*)

Avez-vous, Messieurs, quelques questions à poser à l'orateur à propos de sa conférence, ou des observations à présenter?

M. Maillard. — Est-ce des cheminées d'habitation ou des cheminées d'usine que M. de Montessus de Ballore nous a parlé?

M. de Montessus de Ballore. — Des cheminées d'habitation, qui sont généralement coupées par la vibration du toit au ras de la couverture.

M. Maillard. — Nous n'avons pas encore beaucoup de détails sur ce qui s'est passé à San-Francisco; mais je reçois un journal américain d'architecture qui donne quelques photographies du désastre. Eh bien, il y a une partie de la ville dans laquelle tout a été brûlé; il ne reste que les cheminées d'usine.

M. de Montessus de Ballore. — Une cheminée d'usine est un objet indestructible s'il est bien fait, à la condition d'être isolé.

M. Maillard. — Toutes les cheminées sont vues encore debout dans la photographie, tandis que les habitations, les usines et les bâtiments ont été détruits par l'incendie. Il ne reste que des cheminées qui se dressent comme des mâts.

M. de Montessus de Ballore. — La cheminée d'usine isolée oscille simplement, elle est suffisamment élastique et n'est pas endommagée; tandis que celle qui est encastrée dans la maison est rasée par la vibration du toit.

M. Mayeux. — M. Montessus de Ballore pourrait peut-être nous renseigner sur les minarets persans qui offrent une grande analogie avec les cheminées d'usine, car ce sont de grandes tours en briques, généralement cylindriques ou presque.

M. de Montessus de Ballore. — A Chémakha, par le tremblement de terre de janvier 1902, ils ont été généralement démolis, mais surtout parce que les Persans construisent mal. Il faut distinguer entre des édifices bien construits, comme l'étaient ceux des Romains ou des Grecs, et les édifices mal construits. Or les Persans construisent sans soin. Ils emploient de la mauvaise chaux et ont une mauvaise taille de pierre.

M. Mayeux. — Donc, si les minarets avaient été bien faits, ils auraient résisté.

M. de Montessus de Ballore. — Un minaret isolé, s'il était bien fait, résisterait généralement.

M. G. Olive. — Ce qui a causé le plus grand désastre à San-Fransisco, c'est l'incendie et la rupture des conduites d'eau.

M. de Montessus de Ballore. — Assurément, car le tremblement de terre en lui-même a été peu de chose relativement; mais les conduites d'eau se sont rompues, les eaux se sont répandues dans les crevasses produites par le tremblement de terre et, sous leur pression, les fondations ont été enlevées et les bâtiments se sont écroulés.

M. Mayeux. — A propos de la catastrophe de San-Francisco,

j'ai entendu dire par un homme de science très sérieux qu'il y avait des canalisations qui allaient chercher le pétrole dans les usines et le transportaient dans les navires, ou inversement. Ces conduites se seraient rompues au moment du tremblement de terre, et cela aurait été une des causes initiales de l'incendie, le pétrole s'étant répandu dans les rues et parmi les décombres. Cela a promené l'incendie partout.

M. Destors. — J'ai entendu dire ceci, au moment du tremblement de terre de la Côte d'Azur: M. Laloux avait à bâtir une très belle villa au bord de la mer. Le sol était mauvais, M. Laloux a établi sa construction sur un plateau de béton qu'il a eu toutes les peines du monde à établir. La villa était à moitié construite au moment du tremblement de terre; tout a été rasé autour, elle seule a résisté.

M. de Montessus de Ballore. — Oui, cela tient au radier général.

M. Vaillant — Il y a des mouvements qui ne sont pas simplement vibratoires; il y a des mouvements ondulatoires, de torsion.

M. de Montessus de Ballore. — Il y a trois espèces de mouvements:

Un mouvement oscillatoire horizontal, qui peut atteindre jusqu'à 25 centimètres d'amplitude. C'est déjà dangereux pour les constructions.

Vous avez un mouvement vertical qui, lui, ne dépasse guère quelques centimètres, mais qui probablement est beaucoup plus dangereux, parce que, en particulier pour la toiture, il la fait sursauter : elle retombe de tout son poids sur la sablière, ou la sablière sur le sommet du mur, et en amène la destruction.

Mais il y a un mouvement beaucoup plus dangereux encore; ce sont, en terrain mou, de véritables ondes visibles qui ont jusqu'à $1^m,30$ ou $1^m,40$ d'amplitude verticale, et de 25 à 30 mètres de déplacement horizontal, et qui sont absolument comme des vagues de la mer.

Le sol incohérent prend momentanément toutes les propriétés d'un liquide ; il n'y a pas de bâtiment qui puisse résister à cela s'il n'est pas admirablement construit.

M. Vaillant — Je comprends très bien ce mouvement-là ; mais il y a en a un autre dont le résultat est une torsion.

M. de Montessus de Ballore. — Oui, on dit et on lit cela

presque partout, mais c'est absolument faux ; ce mouvement de torsion n'existe pas.

M. Vaillant — Vous trouverez dans les traités de géologie notamment dans un ouvrage que la Société centrale a dans sa bibliothèque, *la Terre*, la photographie d'une pyramide qui a tourné.

M. de Montessus de Ballore. — C'est un exemple classique très connu; dans tous les ouvrages sur les tremblements de terre il y en a.

Lorsque vous avez une construction quelconque, composée de deux parties l'une sur l'autre, la partie supérieure tourne, en effet; mais ce n'est pas parce qu'il y a un mouvement giratoire, c'est parce que le centre de friction de la partie supérieure sur le sommet de la partie inférieure ne coïncide pas avec la projection du centre de gravité, c'est une des explications.

Au moment du mouvement, il y a un bras de levier entre les deux points, qui fait que l'une des portions se déplace par rapport à l'autre. Mais on ne peut pas concevoir un mouvement giratoire d'une portion de l'écorce terrestre ; cela n'existe pas, je le répète.

Je vous donne en peu de mots le sens du phénomène, c'est-à-dire la non-coïncidence du centre de friction et de la projection du centre de gravité. (*Applaudissements.*)

M. Vaillant — C'est ce qui explique que les cheminées subsistent.

M. le Président. — Messieurs, vous n'avez pas d'autres questions à poser ?...

Je renouvelle nos remerciements à M. le commandant de Montessus de Ballore. (*Vifs applaudissements.*)

La séance est levée.

STANFORD UNIVERSITY LIBRARY

To avoid fine, this book should be returned on
or before the date last stamped below

Pamphlet
Binder
Gaylord Bros.
Makers
Syracuse, N. Y.
PAT. JAN 21, 1908

Stanford University Libraries
3 6105 023 915 221